



(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-151064

(43)公開日 平成5年(1993)6月18日

(51)IntCl.	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 12/02	5 1 0	8841-5B		
9/46	3 6 0 B	8120-5B		
15/16	4 3 0	9190-5L		

審査請求 未請求 請求項の数1(全 5 頁)

(21)出願番号 特願平3-316329  
(22)出願日 平成3年(1991)11月29日

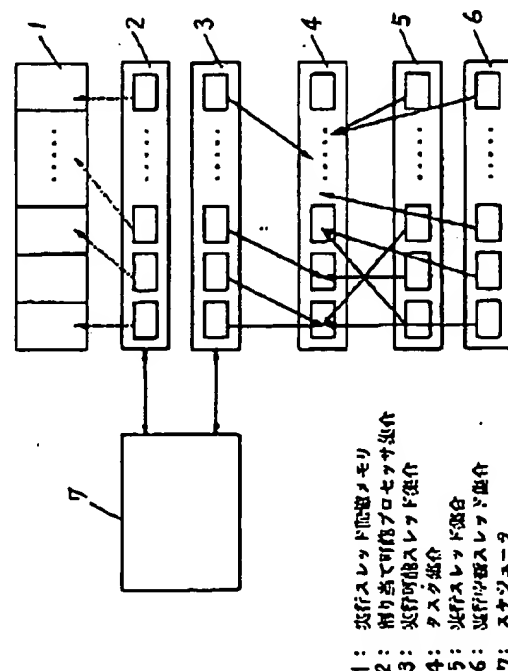
(71)出願人 000006507  
横河電機株式会社  
東京都武蔵野市中町2丁目9番32号  
(72)発明者 和田 英彦  
東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河  
電機株式会社内  
(74)代理人 弁理士 小沢 信助

(54)【発明の名称】 密結合マルチプロセッサシステム

(57)【要約】

【目的】マルチプロセッサシステムにおいてスレッドのプロセッサへのスケジューリングを行なう際、キャッシュメモリによる効果を考慮した割り当てを行なうことによってシステムバスのトラフィックを軽減し、さらにシステム全体の性能の向上を図る。

【構成】密結合マルチプロセッサシステムにおいて、共有メモリに、実行スレッドの記憶、並びに割り当て可能プロセッサ集合、実行可能スレッド集合、タスク集合、実行スレッド集合および実行中断スレッド集合のそれぞれを記憶し、他方複数のプロセッサの内のいずれか一つのプロセッサに、実行スレッドの実行履歴と、割り当て可能プロセッサ集合、実行可能スレッド集合、タスク集合、実行スレッド集合および実行中断スレッド集合からスレッドとタスクの関係を参照し、プロセッサのスレッドの割り当てを行うスケジューラを備える。



(2)

特開平5-151064

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】共有メモリと、キャッシュメモリをそれぞれ有する複数のプロセッサがシステムバスを介して相互に接続された構成で成る密結合マルチプロセッサシステムにおいて、

前記共有メモリに、実行スレッドの記憶、並びに割り当て可能プロセッサ集合、実行可能スレッド集合、タスク集合、実行スレッド集合および実行中断スレッド集合のそれぞれを記憶し、

前記複数のプロセッサの内のいずれか一つのプロセッサに、前記実行スレッドの実行履歴と、割り当て可能プロセッサ集合、実行可能スレッド集合、タスク集合、実行スレッド集合および実行中断スレッド集合からスレッドとタスクの関係を参照し、プロセッサのスレッドの割り当てを行うスケジューラを備え、システムバスのトラフィックを軽減させるようにしたことを特徴とする密結合マルチプロセッサシステム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、各プロセッサがキャッシュメモリを有する密結合マルチプロセッサシステムに関し、詳しくはスレッドのスケジューリング方式に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、システムバスに接続された共有メモリと複数のプロセッサから構成される密結合マルチプロセッサシステムがある。図3はこの種のマルチプロセッサシステムの一例を示す要部構成図である。各プロセッサ10、20、30は、マイクロプロセッサユニットMPUとキャッシュメモリCMから構成される。なお、プロセッサMPUはそれぞれ浮動小数点演算ユニットFPU等の専用プロセッサを持っている場合がある。そしてこれら各プロセッサはシステムバス40を介して共有メモリ50と接続されている。

【0003】なお、ここで、本発明で使用するタスクとスレッドという用語について定義しておく。タスクとは、実際に計算を行なうために必要なシステムや計算機の資源を管理する単位であり、アドレス空間の単位を指す。また、スレッドとは計算実行の単位であり、CPU資源の割当の単位をいう。この定義に従えば、スレッドはタスク単位で管理される環境の中で実行されるということになる。また、最近の計算モデルでは一つのタスクの中に複数のスレッドが存在するマルチスレッドのモデルが提案されており、そのようなマルチスレッドの考え方はマルチプロセッサシステムとの親和性がよいという点で高く評価されている。

【0004】さて、このようなバス結合によるメモリ共有型のマルチプロセッサシステムでは、結合するプロセッサ数が増加すると、プロセッサを結合しているシステムバス40のトラフィックが増加する。そのためメモリ

アクセスに関してプロセッサ間の競合が発生する。プロセッサ間の競合が発生すると待ち時間が長くなり、システム全体の性能は低下することになる。システムバス40のトラフィックを減少させることができればプロセッサ台数を増やしシステム全体の性能を向上させることができる。しかし、プロセッサ台数を増やすとやはりシステムバス40のトラフィックが増加し、そのため競合の発生も多くなってしまふ。システムバスのトラフィックを減少させるには、図3に示すように各プロセッサにキャッシュメモリを付加する方式が有効である。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら従来のスケジューリング方式、すなわち実行途中で中断されたスレッドを再開する時にはそのスレッドを実行可能である任意のプロセッサに割り当てるという方式においては、ハードウェア的に有効であるキャッシュメモリを十分に利用していないという問題がある。つまりキャッシュの効果も考慮に入れてスケジューリングを行なっているわけではないということである。また従来の方式は新しいプログラミングモデルであるマルチスレッドに閉しても考慮していないという問題がある。

【0006】本発明の目的は、このような点に鑑みてなされたもので、マルチプロセッサシステムにおいてスレッドのプロセッサへのスケジューリングを行なう際、キャッシュメモリによる効果を考慮した割り当てを行なうことによってシステムバスのトラフィックを軽減し、さらにシステム全体の性能を向上することのできるスケジューリング方式を採用した密結合マルチプロセッサシステムを提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために本発明では、密結合マルチプロセッサシステムにおいて、前記共有メモリに、実行スレッドの記憶、並びに割り当て可能プロセッサ集合、実行可能スレッド集合、タスク集合、実行スレッド集合および実行中断スレッド集合のそれぞれを記憶し、前記複数のプロセッサの内のいずれか一つのプロセッサに、前記実行スレッドの実行履歴と、割り当て可能プロセッサ集合、実行可能スレッド集合、タスク集合、実行スレッド集合および実行中断スレッド集合からスレッドとタスクの関係を参照し、プロセッサのスレッドの割り当てを行うスケジューラを備えるようにした。

## 【0008】

【作用】本発明では、スレッドのプロセッサへのスケジューリングの際、キャッシュメモリによる効果を考慮した割り当てを行う。すなわち、処理を再開するスレッドとして、そのスレッドが以前割り当てられたプロセッサに優先的に割り当てるようにする。その割り当てが不可能な場合には、同じタスクに属する別のスレッドが割り当てられていたプロセッサに割り当てるようにする。同

(3)

特開平5-151064

ータスク内では論理空間が共有されているので、同一タスク内の別のスレッドが使用したキャッシュデータの再利用の可能性は高い。これにより、システムバスのトラフィックを軽減させることができる。

【0009】

【実施例】以下本発明を詳細に説明する。キャッシュメモリを有するシステムにおいて、実行を再開するスレッドが中断前とは別のプロセッサに割り当てられた場合、共有メモリからキャッシュミスのデータを転送するという動作が必ず必要となり、そのためにシステムバスのトラフィックが増加することになる。一方実行を再開するスレッドが、中断前に実行していたプロセッサに割り当てられた場合、キャッシュメモリ内に中断前に使用していたデータが残っていれば、キャッシュメモリ内のデータをそのまま利用することによりプログラムの実行スピードは向上する。さらに共有メモリからのデータ転送が不必要となり、そのためシステムバスのトラフィックは減少することになる。

【0010】このことから、本発明では、処理を再開するスレッドを、そのスレッドが以前割り当てられたプロセッサに優先的に割り当てるようにする。また、その割り当てができない場合には、同じタスクに属する別のスレッドが割り当てられていたプロセッサに割り当てるようにする。なお、同一タスク内では論理空間を共有しているため、同一タスク内の別のスレッドが使用したキャッシュデータを再利用できる可能性が高い。このような方式を採れば、以前キャッシュメモリ内に転送したデータを有効に再利用できることは明らかである。このようなスケジューリング方式を実現するためには、上記のようなスケジューリングアルゴリズムを実装したスケジューラと、各プロセッサで実行したスレッド等をそれぞれ記憶するメモリが必要である。

【0011】図1はこれを実現するためのブロック構成図である。図において、1は各プロセッサで実行したスレッドを記憶する実行スレッド記憶メモリであり、各プロセッサごとにそのプロセッサで以前実行されたスレッド番号（1つのスレッドごとに付けられるユニークな番号）をn個分記憶する。nはタスクやスレッドの特性によって変更することができる。2ないし6もメモリであり、2は割り当て可能プロセッサ集合、3は実行可能スレッド集合、4はタスク集合、5は実行スレッド集合、6は実行中断スレッド集合をそれぞれ記憶するメモリである。7はスケジューラである。そして、実線の矢印はスレッドが矢印で示されるタスクに属することを示し、破線の矢印はプロセッサが過去に実行していたスレッドを記憶するメモリへの参照関係を示す。

【0012】なお、メモリ1ないし6は図3の構成においては共有メモリ50に在り、スケジューラ7は図3の構成においてはいずれかのプロセッサに設けられる。スケジューラ7は、プロセッサにスレッドの割り当てを行

なう場合、実行スレッド記憶メモリ1にある過去のスレッドの実行履歴と、割り当て可能プロセッサ集合2ないし実行中断スレッド集合6にあるスレッドとタスクの関係を参照しながらスケジューリングを行なう。

【0013】このような構成における動作を図2の動作フローを参照して次に説明する。図2はある時点で割り当て可能であるプロセッサのスケジューリングに関する動作フローである。あるプロセッサ（このプロセッサをPとする）が空きになると以下の手順に従って処理が行なわれる。

①実行可能集合3の中からスレッド（このスレッドをSとする）を選択する。

②割り当て可能プロセッサ集合2と実行スレッド記憶メモリ1を参照して前記選択スレッドSが以前プロセッサPで実行されていたかどうかを判定する。実行されていない場合は次の③に移り、実行されていた場合は⑤に移行する。

③スレッドSの中断時間がT1を越しているかどうかを判定する。越している場合は次の処理④に移行する。越していない場合は①の処理に戻る。

④実行スレッド記憶メモリ1と割り当て可能プロセッサ集合2を参照して求めたスレッドがプロセッサPで以前実行されたスレッドかどうかを、タスク集合4、実行スレッド集合5、実行中断スレッド集合6を参照して同一タスクに属するかどうかを判定する。属しない場合は次の⑤の処理に移行する。属する場合は⑥の処理に移行する。

⑤スレッドSの中断時間がT2を越しているかどうかを判定する。越していない場合は①の処理に戻る。越している場合は⑥の処理に移行する。

⑥スレッドSをプロセッサPで実行する。

【0014】なお、上記T1、T2はスレッドSをプロセッサPで実行して、システムバスのトラフィックを軽減するのに有効な時間を表わし、キャッシュメモリの構成やタスク・スレッドの特性によって変化する。T1は1つのスレッドを同じプロセッサで実行する場合の時間を示し、T2は1つのスレッドを同じタスク内の別のスレッドが実行したプロセッサで実行する場合の時間である。

【0015】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、キャッシュメモリの効果をスケジューリングに反映することによりシステムバスのトラフィックを軽減させ、さらにシステム全体の性能を向上させることができる。特にキャッシュメモリの容量が大きくなるほど、またプロセッサ台数が多くなりシステムバスのトラフィックが大きい場合ほど、その効果は著しい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る共有メモリ型マルチプロセッサシステムにおけるスケジューリング機能部分のブロック構

(4)

特開平5-151064

5

6

成図である。

【図2】動作を説明するための動作フローである。

【図3】共有メモリ型マルチプロセッサシステムの一例を示す概念的構成図である。

【符号の説明】

1 実行スレッド記憶メモリ

2 割り当て可能プロセッサ集合

3 実行可能スレッド集合

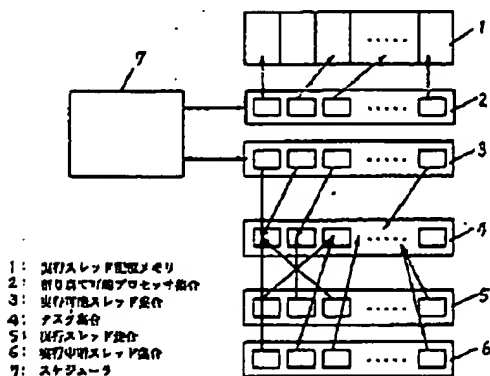
4 タスク集合

5 実行スレッド集合

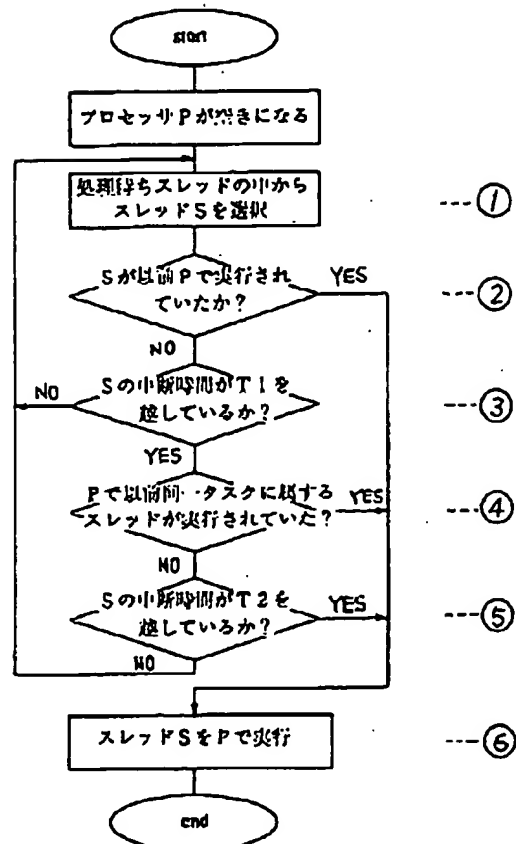
6 実行中断スレッド集合

7 スケジューラ

【図1】



【図2】



(5)

特開平5-151064

【図3】

